Über das Ansteigen der Tonerregung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der philosophischen Fakultät der Universität Leipzig

vorgelegt von

Gustav Kafka

aus Wien

ACAD. LUGD. BAT.

Mit 22 Figuren im Text

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1906

Angenommen von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion auf Grund der Gutachten der Herren Wundt und Wiener

Leipzig, den 3. Mai 1906

Der Prokanzellar
Marx

Sonderabdruck aus Wundt's Psychol. Studien, Band II, Heft 3/4

I. Einleitung und allgemeine Prinzipien der Messung.

Allgemeines über die Problemstellung.

Es mag als Beitrag zur Lehre von den sprachlichen Analogiebildungen dienen, daß bereits A. Fick in seiner Abhandlung »Über den zeitlichen Verlauf der Erregung in der Netzhaut« (Arch. f. Anat. u. Phys. 1863, S. 747) den Ausdruck des »Anklingens« der Erregung in Analogie zu dem von ihm »im Anschluß an den bestehenden Sprachgebrauch« verwendeten Ausdruck des Abklingens einführt. An einer exakten Untersuchung des Anklingens, d. h. des allmählichen Ansteigens der Empfindungsintensität bei Einwirkung eines konstanten Reizes hat es aber gleichwohl bisher gerade auf akustischem Gebiet gefehlt. Hier sind ja die peripheren Bedingungen des Erregungsprozesses so beschaffen, daß auf sie am ehesten der physikalische Begriff des Anklingens nach den Prinzipien der Resonanz anwendbar wäre. Da wir aber vorläufig nicht imstande sind, eine Abgrenzung jener peripheren von den zentraleren Bedingungen vorzunehmen, die auch hier für die bloß allmähliche Entwickelung der Erregung in Betracht kommen, kann jener Ausdruck des Anklingens wiederum nur bildlich das allmähliche Ansteigen der Empfindung zum Ausdruck bringen, das im folgenden rein nach seinem subjektiven Effekt untersucht werden soll.

Der Bedeutung analoger Untersuchungen über den zeitlichen Verlauf der Erregung, wie sie auf optischem Gebiet zur Erklärung des

Talbotschen Gesetzes, der Nachbilder usw. herangezogen werden, wendet man nunmehr auch in der Akustik größere Aufmerksamkeit zu[1]). Eine nicht geringere Bedeutung aber muß eine derartige Feststellung für spezifisch psychologische Probleme besitzen, zu deren Untersuchung kurzdauernde akustische Reize verwendet werden[2]).

Um nun den Verlauf des Ansteigens der Empfindung verfolgen zu können, bedarf es natürlich eines Maßes der Intensität für konstante Tonquellen und genauer Methoden zur zeitlichen Abgrenzung ihrer Einwirkung. Da sich aber bisher weder das Eine noch das Andere in befriedigender Weise erreichen ließ, ist es allen Arbeiten die sich mit dem Ansteigen der Tonerregung befaßt haben, gemeinsam, daß sie zwar ganz allgemein über eine Zunahme der Tonintensität mit der Tondauer referieren, daß sie aber den Verlauf des Anstieges selbst nicht zum Gegenstand ihrer Untersuchungen machen.

So geben bereits Exner[3]), Max Meyer[4]), Abraham und Brühl[5]) in ihren Arbeiten über kürzeste Töne an, daß innerhalb kurzer Zeiten die Intensität eines Tones nicht nur von der Amplitude, sondern auch von der Anzahl der zur Perzeption gelangenden Schwingungen, also von der absoluten Zeit seiner Einwirkung abhänge. Exner will sogar die Zeit bestimmt haben, in welcher der Ton das Maximum seiner subjektiven Intensität erreiche, und gibt dieselbe für den Ton C mit 44 Schwingungen, d. i. 0,69 Sek., für den Ton c mit 48 Schwingungen, d. i. 0,375 Sek. an. Doch bemerkt er selbst, daß seine Angaben keinen Anspruch auf Genauigkeit erhöben, da die Intensität anfangs sehr schnell, später aber sehr langsam anwachse, so daß die Bestimmung des Maximums auf Schwierigkeiten stoße.

Auch Urbantschitsch[6]) macht ausführliche Angaben über das Anklingen akustischer Empfindungen. Er konstatiert, daß ein leiser Stimmgabelton erst nach 1—2 Sek. in seiner vollen Intensität wahrgenommen werde, und daß die Empfindung um so später ihre volle Intensität erreiche, je geringer der Schallreiz sei. Dieses

[1]) Marbe, Pflügers Arch. C. 1903.

[2]) Schulze, Philos. Stud. XIV, S. 5. Stumpf, Ztschr. f. Psych. u. Phys. XXVII, S. 148.

[3]) Pflügers Arch. XIII, 1876, S. 234.

[4]) Zeitschr. f. Psych. u. Physiol., XI, S. 207.

[5]) Zeitschr. f. Psych. u. Physiol., XVIII, S. 203.

[6]) Pflügers Arch. XXV, 1881, S. 323.

Resultat stimmt völlig mit den Angaben Dennerts[1]) überein, daß ein leiser Ton eine größere Darbietungszeit beanspruche, um zur Perzeption zu gelangen. Urbantschitsch[2]) weist ferner auf Summationserscheinungen im Gehörorgan hin, die darin ihren Ausdruck finden, daß der Prüfungston ungewöhnlich viel rascher anklinge, wenn die einzelnen Prüfungen unmittelbar aufeinander folgen, als wenn sie durch längere Pausen getrennt seien, und macht endlich Angaben über einen starken Abfall der Perzeptionsfähigkeit des Ohres für einen Ton, der einige Zeit in starker Intensität eingewirkt hat; danach wäre ein Absinken der subjektiven Intensität des Tones nach erreichtem Maximum zu erwarten, doch hat sich diese Erwartung in den vorliegenden Versuchen offenbar wegen der relativ geringen verwendeten Intensitäten nicht betätigt. Auch Schäfer[3]) ist übrigens der Ansicht, daß bei Reizen von geringer und mäßiger Stärke eine Intensitätsabnahme der Empfindung nicht zu beobachten ist und verhält sich den entgegenstehenden Argumenten gegenüber durchaus ablehnend. Im folgenden soll nun der erste Versuch einer genauen Anstiegmessung an der Hand eines Intensitätsmaßes und genauer Zeitabstufungen mitgeteilt werden, der sich aber, da er noch mit großen methodischen Schwierigkeiten zu kämpfen hatte, auf die Untersuchung der allgemeinsten Verhältnisse des Anstieges beschränken mußte.

Es dürfte hier nunmehr der Ort sein, kurz daran zu erinnern, was es heißt, das Ansteigen einer Sinneserregung überhaupt einer Messung zu unterziehen. Dasselbe Problem hat bereits Büchner (Psychol. Studien II, 2) einer eingehenden und streng analytischen Untersuchung unterzogen, so daß ich mich hier auf eine kurze und mehr anschauliche Darstellung beschränken kann.

Der direkten Messung sind natürlich im gegebenen Falle nur die Zeiten und die physikalischen Intensitäten unterworfen, und der Versuch liefert nur eine Angleichung zwischen zwei Empfindungen, deren eine einem Vergleichsreiz von konstanter Intensität und variabler Dauer, und deren andere einem Hauptreiz von variabler Intensität

---

[1]) Arch. f. Ohrenheilkunde XXXIV, 1892, S. 165.
[2]) Pflügers Arch. XXIV, 1881, S. 574.
[3]) Nagels Hdb. d. Phys. III, S. 509 f.

und konstanter Dauer entspricht. Der Gang einer Versuchsreihe läßt sich somit durch die Figur 1 in folgender Weise versinnlichen. Auf der Ordinate sind die physikalischen Intensitäten, auf der Abszisse die Zeiten aufgetragen zu denken. Die Vergleichsreize $P_1\ P_2\ P_3$ liegen somit sämtlich in einer Geraden mit konstanter Ordinate i_o, die Hauptreize $P'_1\ P'_2\ P'_3$ in einer Geraden mit konstanter Abszisse t_o. Mit dem Anwachsen der Darbietungszeit des Vergleichsreizes, das dem Fortschreiten auf der Geraden $i = i_o$ entspricht, wächst auch die zur Herstellung einer gleichen Empfindung erforderliche physikalische Intensität des Hauptreizes entsprechend dem Fortschreiten auf der Geraden $t = t_o$. Die Gleichheit der den beiden

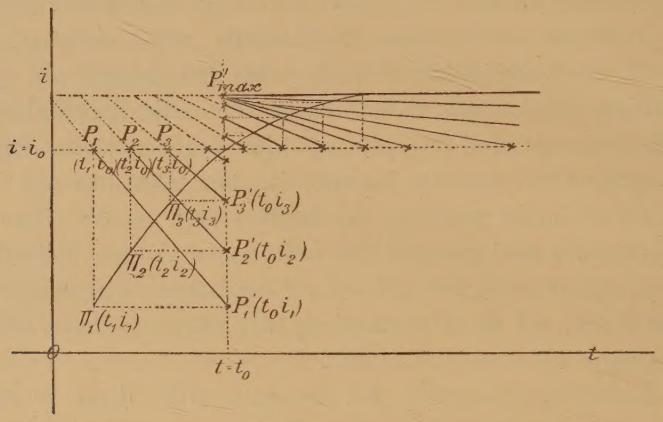

Fig. 1.

Reizen zugeordneten Empfindungen ist durch die Verbindung der die beiden Reize darstellenden Punkte durch eine »Isohypse« angedeutet. Dieses Schema sucht den tatsächlichen Verhältnissen darin nachzukommen, daß das Ansteigen der physikalischen Intensitäten, erst rasch, dann immer langsamer erfolgt, bis es endlich ein Maximum erreicht hat. Die durch die Punkte Π_1, Π_2 usw. gelegte Kurve symbolisiert somit die Gleichwertigkeit bestimmter Vergleichsreize und Hauptreize im vorher festgelegten Sinne, indem sie das anfänglich raschere, dann immer langsamere Anwachsen der i Werte des Hauptreizes bei konstantem Anwachsen der t Werte des Vergleichsreizes unmittelbar veranschaulicht. Ein solches Bild nun bringt die tatsächlichen Beobachtungen über die Empfindungs-Äquivalenz

von Reizen verschiedener Intensität und Dauer zu erschöpfender Darstellung, ohne jedoch über das Verhältnis der Empfindungsintensitäten zueinander den mindesten Aufschluß zu geben, das somit außerhalb des Rahmens einer derartigen Untersuchung liegt.

Prinzip des Intensitätsmaßes.

Es handelt sich nach dem Gesagten nun vor allem um ein Intensitätsmaß, das in bequemer Weise in eine Röhrenleitung eingefügt und zur Durchführung der obengenannten Vergleichungsmethode rasch und mit konstanter Abstufung variiert werden kann. Diese Aufgabe schien durch ein System von Röhren gelöst, welche in die Leitung des in seiner Intensität zu variierenden Tones eingefügt wurden und eine für eine bestimmte Röhre konstante Abdämpfung des Tones bewirkten. Die Abdämpfung wurde hierbei durch eine verschiedene Anzahl von feingebohrten Löchern herbeigeführt, die einen schalldichten Boden in der Röhre in symmetrischer Anordnung auf einem konzentrischen Kreis durchsetzten. Selbstverständlich wäre die Abstufung der Intensität von einer Proportionalität zur Anzahl der Bohrungen weit entfernt, wenn die Einrichtung der Röhre nichts enthielte, als eine bestimmte Anzahl von Verbindungen zwischen dem ersten und zweiten Teil der Röhre, und die Wandungen im übrigen abgeschlossen wären. Denn wenn auch die Intensität zunächst infolge der symmetrischen Verteilung als eine Summe gleichartiger Wirkungen betrachtet werden kann, so ist doch das symmetrisch aufzuteilende und wieder zusammenzufassende Ganze selbst von der jeweiligen Anzahl der Öffnungen im Röhrenboden insofern abhängig, als die Reflexion der Luftwellen an dem Abschluß dieser Röhren den fortgeleiteten Ton in seiner Intensität immer mehr verstärken würde, je mehr Röhren geschlossen sind, so daß die Beziehung zwischen Schwächung des Tones und Zahl der verschlossenen Röhren eine überaus verwickelte würde. Sodann aber könnten sich bei einer derartigen aus längeren Röhren bestehenden Leitung leicht Interferenzen einstellen, welche jene Beziehung noch mehr komplizieren würden. Eine derartige Komplikation durch Interferenz und Resonanz zeigte sich besonders stark bei den Vorversuchen, bei welchen die symmetrische Verteilung und Sammlung des Schalles

durch einen Kranz längerer durch Abstöpselung zu unterbrechender Röhren vorgenommen wurde[1]).

Deshalb wurde dieses Prinzip der Leitung durch mehrere Röhren dahin modifiziert, daß in verschiedene Röhren gleichen Kalibers, die immer in dieselbe Leitung eingesetzt wurden, eine verschiedene Anzahl von Öffnungen in der in Figur 2 angegebenen Weise gebohrt wurde. Die Figur 2 stellt eine derartige Röhre im Längsschnitt dar.

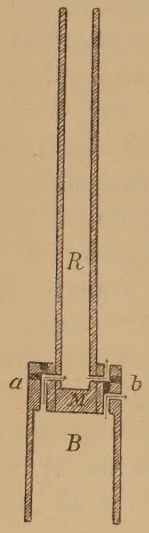

Fig. 2.

Die zylindrische Röhre R, die direkt in die Schallleitung eingefügt ist, endete in einen verbreiterten zylindrischen Raum B, der ebenfalls direkt in die Leitung eingefügt und durch den — wie es sich herausstellte — vollständig schalldichten Metallboden M von R getrennt war. Von B aus wurden nun bei allen verwendeten Röhren 20 über die Peripherie symmetrisch verteilte Gänge in der auf der Figur angegebenen kreuzförmigen Weise gebohrt. Diese Gänge wurden nun entweder in der bei a angedeuteten Weise durch eingeschlagene Stöpsel verschlossen: dann stand B direkt mit R in Verbindung. Oder aber es wurde wie bei b eine zweite Öffnung nach außen gebohrt und der andere Teil der Leitung in der angedeuteten Weise durch zwei Metallstöpsel verschlossen, so daß die von B kommende Luftwelle direkt in die freie Luft austrat (natürlich aber so geschwächt, daß sie nicht zur Erregung einer Tonempfindung hinreichte), die sich in R ausbreitende Luftwelle aber nicht durch Reflexion an einer Wand verstärkt werden konnte, da sie ebenfalls durch die zweite Öffnung mit dem umgebenden freien Luftraum in Verbindung stand. Bei der Röhre 1 mündeten sämtliche Öffnungen ins Freie; je höher die Röhrenzahl stieg, destomehr Bohrungen waren zwischen B und R geöffnet, bis schließlich bei Röhre 20 die Verbindung zwischen B und R durch sämtliche Bohrungen her-

[1]) Auch die Variation der Intensität mit Hilfe eines Ventils ergab nur eine sehr komplizierte Funktion zwischen Ventilstellung und Intensität, weil bereits eine sehr kleine Öffnung des Ventils eine relativ große Zunahme der Tonintensität zur Folge hatte, und hier überdies die sukzessive hinzukommenden Teile der Öffnung nicht symmetrisch zur Leitung lagen.

gestellt war. Daß sich nun mit diesen Röhren tatsächlich eine genaue und leicht meßbare Abstufung der Tonintensität erzielen ließ, ergibt sich aus den folgenden Versuchen, bei denen eine rein empirische Eichung der Röhren vorgenommen wurde. Zu diesem Zwecke wurden von dem Resonanzkasten einer elektromagnetischen Stimmgabel (*G* Figur 3), die sich in einem Nebenzimmer des Beobachtungszimmers befand und von diesem somit durch eine Wand getrennt war, zwei Leitungen abgenommen und mittels Röhren durch die Wand geführt; in jede dieser Leitungen war im Beobachtungszimmer ein Ventil *V* eingeschaltet. Diese Leitungen waren mit Einrichtungen zum Einsetzen der Röhren *R* versehen und mündeten jede mit einem besonderen Schlitz in dem Kasten *K*, der an seiner Vorderseite zwei verschiebbare, mit je einem Schlitz versehene Schlitten S_1 S_2 trug, von denen jeder sukzessive vor den entsprechenden Schlitz im Kasten *K* geschoben werden konnte, so daß die durch beide Leitungen dringenden Töne bequem miteinander verglichen werden konnten. Um die dabei angewendete Vergleichungsmethode leichter darstellen zu können, bediene ich mich einer graphischen Symbolisierung (Fig. 4). In der Ebene $x\,y$ sind als Abszissen die Ordnungszahlen der einzelnen Röhren, als Ordinaten die durch dieselben fortgeleiteten Tonintensitäten aufgetragen zu denken. Zwischen Röhrenzahl und Intensität wird sich nun eine Beziehung ausfindig machen lassen, die wir vorderhand als $y = f(x)$ bezeichnen und durch die Kurve $A\,B$ darstellen wollen. Wenn ich nunmehr die Intensität des Tones auch in anderer Weise, etwa durch ein Ventil, abschwächen kann, so muß ich diese Schwächung der Tonintensität in der dritten Dimension des Raumes auftragen. Es ist dann diese Schwächung bei einer bestimmten Ventilstellung für alle Röhren proportional zu denken.

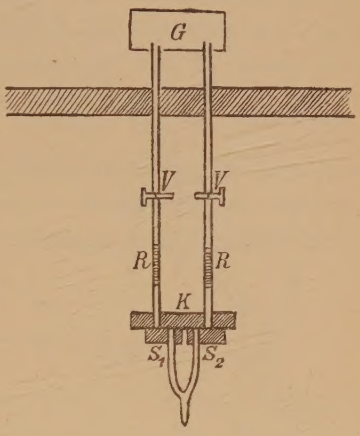

Fig. 3.

Man braucht also nur von *P*, einem Punkt außerhalb der Ebene

xy nach allen Punkten von AB Strahlen zu ziehen, die in ihrer Gesamtheit eine gekrümmte Fläche darstellen. Jeder zur Ebene xy parallele Durchschnitt durch diese Fläche wird dann eine der Kurve AB ähnliche Kurve bilden, welche die Intensitätsverhältnisse aller Röhren für eine bestimmte Ventilstellung darstellt. Der Einfachheit halber ist auf der Figur ein solcher Durchschnitt gewählt, bei dem die Intensität des Tones durch Zudrehen des Ventils gerade auf die Hälfte der Intensität gebracht ist, die er besäße, wenn das Ventil vollkommen geöffnet wäre. Es wird daher der Punkt A mit der Abszisse x_1 in der xy Ebene die gleiche Ordinate y besitzen können, wie der Punkt C' mit der Abszisse x'_4 in der $x'y'$ Ebene. Auf die Verhältnisse des Versuches selbst übertragen, bedeutet dies somit, daß dem Ton, der durch die Leitung *I* bei vollständig geöffnetem Ventil drang, wenn die Röhre *1* eingesetzt war, der durch die Leitung *II* dringende Ton, welcher die Röhre *4* passierte, durch Zudrehen des Ventils gleichgemacht worden war.

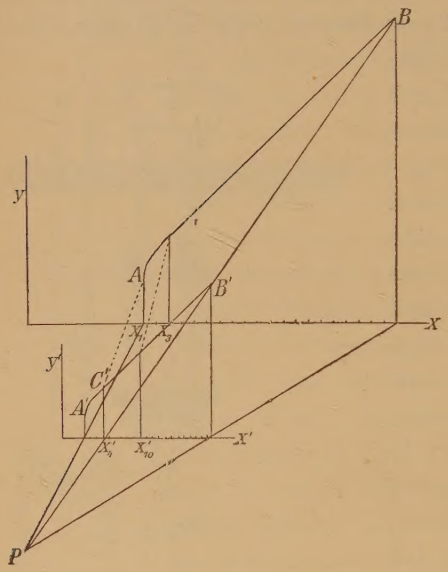

Fig. 4

Wurde nun, ohne die Stellung des Ventils zu verändern, in der Leitung *I* eine andere Röhre eingesetzt und die Röhre gesucht, welche in die Leitung *II* eingefügt werden mußte, um beide Töne als gleich erscheinen zu lassen, so läßt sich dies wieder graphisch symbolisieren dadurch, daß man in der Kurve AB einen Punkt mit einer anderen Abszisse (etwa x_3) fixiert und nunmehr in $A'B'$ die Abszisse (im gegebenen Fall x'_{10}) desjenigen Punktes bestimmt, der die gleiche Ordinate besitzt. Auf diese Weise erhält man die Gleichungen:

$$y_1 = f(x_1) = y'_1 = f(x'_4)$$
$$y'_2 = f(x_3) = y'_2 = f(x'_{10}).$$

Ein System von Gleichungen, das ich aus Beobachtungen ableitete, die nach ganz unwissentlicher Methode angestellt waren, erwies sich in erster Annäherung erfüllt durch $f(x) = x + C$, wobei C im allgemeinen $= 4$, für Röhre *1* und *2* etwas kleiner war. Die Konstante blieb sich unter gleichen Leitungsverhältnissen für die Töne von 256—512 Schwingungen und bei allen verwendeten Intensitäten der Gabel gleich. Die Präzision der Vergleichung war eine derartige, daß Röhre *9* und *10*, also die Intensitäten 13 und 14 noch ohne weiteres bei unwissentlichem Verfahren richtig unterschieden werden konnten.

Damit ist nach der Methode der Minimaländerungen für konstante Töne eine viel feinere Unterschiedsschwelle festgestellt, als man bisher, vor allem auf Grund von Untersuchungen mit Fallgeräuschen angenommen hatte.

Prinzipien der Zeitvariation.

Wenn ferner auch in den Arbeiten über die Zeitschwellen der Tonempfindung bereits verschiedene Methoden zur Herstellung kürzester Darbietungszeiten angegeben waren[1], so entsprach doch keine derselben den Anforderungen, welche die vorliegende Untersuchung an die leichte Meßbarkeit der Dauer eines zugeleiteten Tones innerhalb ziemlich weiter Grenzen und an das geräuschlose Funktionieren des Apparates stellte. Es kamen im vorhinein nur diejenigen Methoden in Betracht, bei denen die Schwingungen einer Stimmgabel während einer abstufbaren Zeit auf das Ohr einwirkten. Da ergab sich denn bei der Exnerschen Vorrichtung[2]), bei welcher die Abklemmung eines Zuleitungsschlauches eine bestimmte Zeit hindurch aufgehoben wurde, daß sich bei rascher Öffnung des Schlauches überaus störende Nebengeräusche ergaben, während bei langsamer Öffnung zwar die Geräusche verschwanden, die Zeitbestimmung dafür aber um so ungenauer wurde. Die von Schulze[3]) angegebene An-

[1]) Vgl. Schäfer, Nagels Handbuch der Physiol. III, 500 ff.
[2]) a. a. O. S. 232.
[3]) Philos. Studien XIV, S. 487.

ordnung, bei welcher ein durchschwingendes Pendel bei seinem Durchgang durch die Ruhelage eine Hahnvorrichtung faßte und durch deren Drehung den Ton für eine bestimmte Zeit durchließ, zeigte vor allem den Nachteil sämtlicher Hahnvorrichtungen, daß nämlich das allmähliche Öffnen des Hahns nur ein allmähliches Ansteigen des Tones auf seine volle Intensität gestattet, und daß sich ferner die Hahndrehung in der angegebenen Weise nur unter den größten Kautelen tatsächlich geräuschlos durchführen läßt. Ein anderes einfaches Prinzip, einen Ton für kurze Zeit darzubieten, wie es bereits von Mach[1]) angegeben worden ist, besteht darin, die Leitung zu unterbrechen und an der Unterbrechungsstelle eine verschiebbare Lamelle einzufügen, so daß der Ton die Leitung nur passieren kann, wenn die Lamelle die Unterbrechungsstelle freigibt. Mach selbst bewirkte die Verschiebung durch Rotation einer Kreisscheibe mit radialem Ausschnitt. Urbantschitsch endlich verwendete eine in eine Spitze ausgezogene und an einem Pendel befestigte Glasröhre, die an einer ebensolchen, aber fest aufgestellten vorbeischwang. (Pflügers Archiv XXIV, S. 574—595.)

Im Anschluß an das bekannte Prinzip des Tachistokops, in welchem ein Spalt von beliebiger Ausdehnung für eine bestimmte Zeit ein Expositionsobjekt freigibt, wurde nun im Leipziger psychologischen Institut zunächst ein Apparat konstruiert, in welchem ein mit einem spaltförmigen Schlitz versehener Schlitten zwischen zwei einander gegenüberstehenden spaltförmig verengten Röhrenenden geräuschlos durchgezogen wurde. Zur leichteren Abstufung der Expositionszeit sowie zur Herstellung einer konstanten Situation in der Leitung während der Exposition, wurde die Öffnung und Schließung je einem von zwei in die nämliche Leitung nahe beieinander eingefügten Schlitten übertragen, die bei sukzessiver Öffnung zweier Kontakte nacheinander von den sie zunächst festhaltenden Magneten losschnellten. Eine derartige Anordnung findet gegenwärtig im Leipziger psychologischen Laboratorium bei Untersuchungen über die Zeitschwellen der Tonwahrnehmung Verwendung. Statt eine einfache Wiederholung dieses Apparates zu benutzen, wurde nun dieses Prinzip weiter vereinfacht, indem auch noch die Apparate für

[1]) Lotos 23, S. 146 nach Nagel, Handb. d. Phys. III.

Öffnung und Schließung von der Spaltvorrichtung abgetrennt wurden, an deren Stelle ein Hahn eingesetzt wurde. Bei den mit der Hahnvorrichtung angestellten Versuchen zeigte sich aber, daß ein vollständig geräuschloses Funktionieren des Apparates nicht zu erreichen war. Ich entschloß mich daher, den Vorteil der Hahnvorrichtung, den Ton schon durch einen ganz schmalen Spalt in ungeschwächter Intensität fortzuleiten, fürs erste aufzugeben und die Versuche zunächst mit tatsächlich vollständig geräuschlos funktionierenden Lamellenvorrichtungen zu beginnen, die aus den von Mach und Urbantschitsch getroffenen Anordnungen kombiniert waren. Um nämlich eine Ausbreitung des Tones vom Ende der zur Stimmgabel führenden Zuleitungsröhre in die Umgebung zu verhindern, wurde diese und daher auch die ihr gegenüberliegende, zur Aufnahme des Tones dienende Röhre in eine Spitze mit möglichst feiner Öffnung ausgezogen, wodurch die Intensität des Tones natürlich sehr herabgesetzt war. Trotzdem gelang es bei der einen Spitzenleitung nicht, die Ausbreitung des Tones bei geschlossener Leitung völlig hintanzuhalten, so daß der durch die Leitung gehende Ton sich immer erst auf einen konstanten, wenn auch überaus schwachen Ton aufsetzte. Daß aber dieser überaus leise Ton auf die Resultate keinen merklichen Einfluß ausgeübt haben kann, glaube ich daraus schließen zu dürfen, daß die mit den Lamellenvorrichtungen angestellten Versuche dasselbe Bild liefern wie jene, bei welchen die Hahnvorrichtung angewendet wurde.

Die beiden Gruppen der von mir angestellten Versuche stehen somit unter verschiedenen Bedingungen. Die Versuche mit Spitzenleitung einerseits hatten den Vorteil einer völlig geräuschlosen Darbietung des Tones, dagegen den Nachteil, daß sich der erste Prüfungston immer erst auf einen konstant hörbaren, wenn auch sehr leisen Ton aufsetzte. Außerdem konnten nur schwache Intensitäten untersucht werden. Die Versuche mit der Hahnvorrichtung hatten andererseits den Vorteil einer völlig schalldichten Leitung; doch ließ sich ein leises Geräusch beim Öffnen und Schließen der Leitung nicht vermeiden. Die verwendete Intensität war dagegen eine viel stärkere als bei der anderen Versuchsgruppe.

II. Versuche mit geringer Intensität.

(Spitzenleitung.)

Die Fig. 5 gibt eine schematische Darstellung der hier verwendeten Versuchsanordnung. Die in einem Resonanzkasten befindliche und in einen anderen schalldichten Kasten eingebaute elektromagnetisch betriebene Stimmgabel war in einem neben dem Beobachtungs-

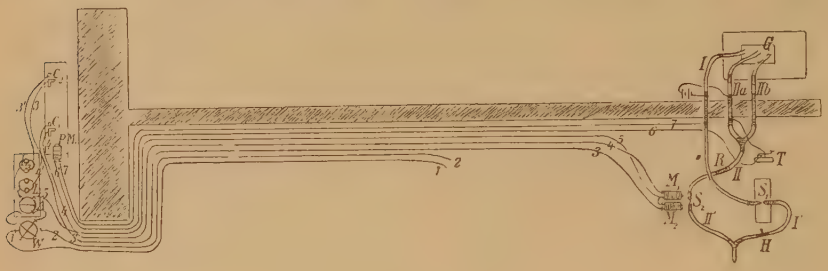

Fig. 5.

zimmer gelegenen Raume aufgestellt, damit ihr Ton nicht direkt im Beobachtungszimmer gehört werde. Aus dem Resonanzkasten der Gabel, der auf der Skizze mit G angedeutet ist, führen drei Leitungen durch die Wand in das Beobachtungszimmer[1]). Die Leitung I mündete direkt in die an dem Lamellenpendel (Fig. 6) angebrachte Spitzenleitung S_1. Die Leitungen IIa und IIb vereinigten sich im Beobachtungszimmer selbst zur Leitung II, und diese führte zur Spitzenleitung S_2 des Lamellenhebels (Fig. 7). Diese Anordnung mußte getroffen werden, um die Intensität des Tones, der durch die Spitzenleitung S_2 überaus geschwächt wurde, zu verstärken, da der Ton in der Spitzenleitung S_1 weniger an Intensität verlor. Die aus den Spitzenleitungen S_1 und S_2 kommenden Leitungen I' und II' wurden schließlich wieder durch ein Gabelrohr vereinigt, und diese gemeinsame Leitung durch eine Hörspitze direkt in den äußeren Gehörgang des Beobachters eingeführt.

Das Lamellenpendel (dazu Fig. 6) bestand im wesentlichen aus einer massiven, ankerförmig gebogenen Pendelstange, deren beide unteren Arme einen Teil eines Kreisringes K bildeten, dessen Mittel-

[1]) Im schraffierten Teil der Leitung waren metallische Röhrenstücke eingesetzt, während die übrige Leitung durch Kautschukschläuche gebildet wurde.

punkt im Drehpunkt D' der Pendelstange lag, so daß jener Kreisring einen konstanten kleinsten Abstand von der Bodenfläche behielt. Der Kreisring trug an seinem unteren Rande eine Nut, in welcher zwei dünne Stahllamellen L_1 und L_2 von ebenfalls ringförmigem Zuschnitt verschiebbar waren und durch Schrauben fixiert werden konnten. Die Spitzenleitung S war so angebracht, daß die Achse der beiden Röhren durch die Mittellinie des Pendels ging und senkrecht auf der Schwingungsebene des Pendels stand. Die Höhe der Spitzen war so reguliert, daß die Lamelle die Leitung völlig abschloß, wenn sie sich zwischen den Spitzen befand. Die hintere Röhre trat durch den vertikalen Teil des Pendelstativs ein, und beide Röhren konnten einander bis auf die Dicke der Lamelle genähert werden. Der Versuch erfolgte in der Weise, daß das Pendel zunächst bis an den Anschlag A emporgehoben wurde. Dann war die Leitung durch die Lamelle L_2 unterbrochen. Sobald das Pendel losgelassen wurde, schwang es völlig geräuschlos zwischen den beiden Spitzen durch und gab die Leitung für eine Zeit frei, welche dem Abstand der beiden Lamellen voneinander entsprach. Sobald die Lamelle L_1 zwischen die Spitzen trat, war die Leitung natürlich wieder unterbrochen. An der Pendelstange war ferner ein Faden F

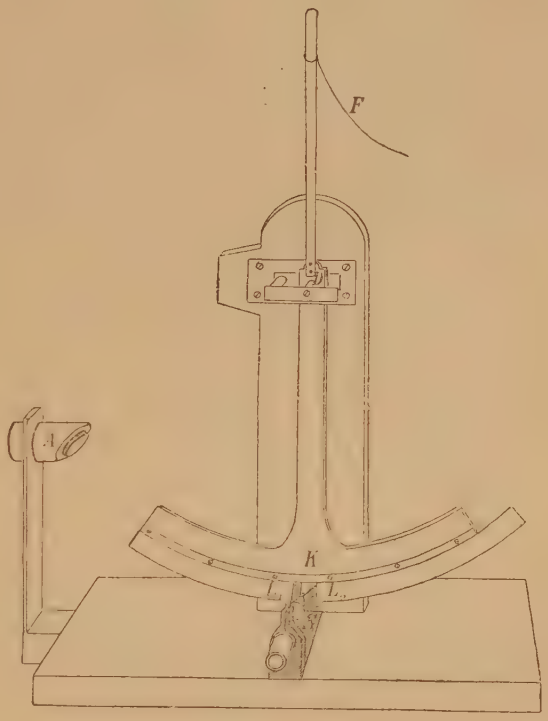

Fig. 6.

befestigt, der zu einem mit einer Hahnvorrichtung (*H* in Fig. 5) in Verbindung stehenden Hebel führte. Sobald das Pendel durch seine Ruhelage geschwungen war, spannte sich der Faden und zog den Hebel in die Höhe, der nun mittels des Hahnes die ganze Leitung *I'* abschloß, so daß beim Zurückschwingen des Pendels der Ton nicht mehr hörbar war. Außerdem war an der Pendelstange ein Laufgewicht befestigt, durch welches die Schwingungsdauer des Pendels reguliert werden konnte. Anfänglich sollte das Pendel an jenem Anschlag *A* elektromagnetisch festgehalten werden, da aber der Magnet beim Loslassen des Pendels heftig in die Höhe schnellte und somit einen Eigenton erzeugte, mußte das Pendel durch einen an der linken Seitenfläche des Stativs angebrachten Hebel gegen den Anschlag gedrückt werden. Dieser Hebel war um eine auf jener Fläche senkrechte Achse drehbar und ließ das Pendel ohne Geräusch los, sobald er nach oben gedreht wurde. Die bei dieser Konstruktion angegebene Spitzenleitung war in Wirklichkeit nicht in vollständiger Präzision erreichbar, da die beiden Röhren nicht in eine Spitze, sondern in einen schmalen vertikalen Schlitz endigten. Diese Anordnung schwächte zwar die Intensität des Prüfungstones weniger ab, erwies sich aber deshalb als unzweckmäßig, weil die Lamelle L_2 die Leitung *I* nicht vollkommen schalldicht verschloß, sondern sobald der Hahn geöffnet worden war, wie dies zu Beginn eines jeden Versuches geschehen mußte, einen konstanten Ton durchklingen ließ. Diesen konnte ich nur dadurch auf ein Minimum reduzieren, daß ich die Schlitze bis auf eine möglichst punktuelle Öffnung mit Wachs verklebte. Ich glaube aber, daß derselbe völlig verschwunden wäre, wenn auch an dem Pendel eine so feine Spitzenleitung wie an dem Lamellenapparat angebracht gewesen wäre. Bei diesem nämlich war die Spitzenöffnung tatsächlich punktuell und der Lamellenverschluß daher vollkommen schalldicht. Sobald übrigens der Hahn geschlossen war, war auch die durch das Schallpendel gehende Leitung vollkommen schalldicht abgesperrt, so daß jener Ton nur als konstante Unterlage für den durch Leitung *I* gehenden Ton in Betracht kam, da derselbe dem Beobachter immer als erster Ton zugeführt wurde.

Der Lamellenhebel (Fig. 7) bestand im wesentlichen aus zwei an ihrem unteren Ende mit quadratischen Stahllamellen *L* versehenen Stricknadeln *N*, welche in einen Rahmen *R* derartig eingespannt

waren, daß sie sich am oberen Ende desselben um eine zur Figur senkrechten Achse drehen konnten, während der Spielraum dieser Bewegung durch zwei am unteren Rand des Rahmens befestigte Anschläge A_1 und A_2 geregelt werden konnte. Der Nadel gegenüber befand sich ein Elektromagnet M. War der Magnet in

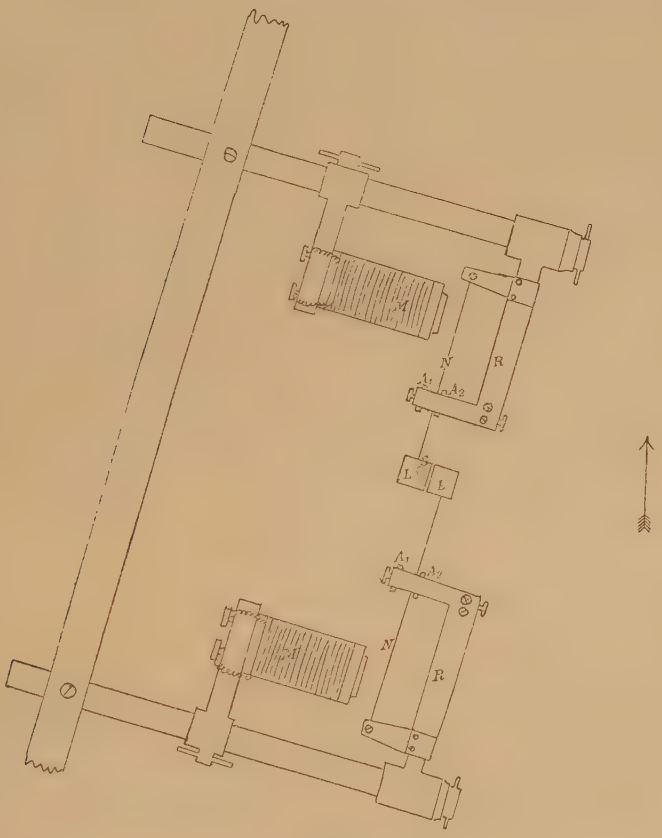

Fig. 7.

Ruhe, so legten sich beide Nadeln vermöge ihres eigenen Gewichtes auf den Anschlag A_2, und zwar so, daß die beiden Lamellen unmittelbar aneinander anschlossen. Sobald aber der Magnet anzog, hob er die ihm gegenüberliegende Nadel bis zum Anschlag A_1 empor. Natürlich mußte bei der Einstellung die größte Sorgfalt darauf gelegt werden, daß sich beide Lamellen genau in derselben Ebene

bewegten. Die Spitzen der Röhren nun, die ebenfalls in einem Rahmen fixiert waren, standen einander an der mit S bezeichneten Stelle senkrecht auf die Ebene, in welcher sich die Lamellen bewegten, genau gegenüber, auch hier wieder nur durch die Dicke der Lamellen voneinander getrennt. Der Versuch gestaltete sich daher in folgender Weise: Sobald der obere Magnet anzog, drehte sich die obere Nadel bis zum Anschlag A_1 und hob somit die Lamelle L von der mit S bezeichneten Stelle fort. Damit war die Leitung freigegeben. Sobald aber der zweite Magnet anzog, drehte sich die untere Nadel bis an den Anschlag A_1, so daß die Leitung wieder abgesperrt war.

Die Zeit zwischen dem Anziehen des ersten und des zweiten Magneten wurde durch ein außerhalb des Beobachtungszimmers befindliches Kontaktpendel in folgender Weise reguliert. Eine Pohlsche Wippe W (Fig. 5) war durch die Drähte *1* und *2* mit dem Hochstrom des städtischen Netzes verbunden. Von der Wippe führten zwei Drähte zu einem Ausschalter A. Befand sich derselbe in der auf der Figur angedeuteten Lage, so war natürlich Kurzschluß hergestellt. Wurde der Ausschalter aber um einen rechten Winkel gedreht, dann mußte sich der Hochstrom in dem dargestellten Drahtnetz verzweigen. Von dem Ausschalter A ging direkt der für die beiden Magneten M_1 und M_2 gemeinsame Draht *5* ab. Von M_1 führte nun der Draht *4* zum Kontakt C_1, von M_2 der Draht *3* zum Kontakt C_2. Vom Kontakt C_1 führte der Draht *4'*, von C_2 der Draht *3'* zur Wippe zurück, aber nicht ohne vorher je zwei als Widerstand eingeschaltete Glühlampen L_1 und L_2 zu passieren. Auf der Figur sind die Kontakte C_1 und C_2 geöffnet. Ihre Schließung wurde durch das Herabfallen des Kontaktpendels bewerkstelligt, und zwar wurde demnach durch die zuerst erfolgende Schließung des Kontaktes C_1 zuerst der Elektromagnet M_1, sodann durch die Schließung des Kontaktes C_2 der Elektromagnet M_2 magnetisch. Um ein genaues Funktionieren des Apparates zu ermöglichen, mußte der Strom nach jedem Versuch mittels der Wippe W gewendet werden, auch wurde der Strom, sobald es nach erfolgter Schließung möglich war, wieder geöffnet. Doch durfte die Öffnung nicht zu früh erfolgen, da durch das Zurückfallen der Nadeln ein Ton entstand.

Da das Pendel aber beim Schließen der Kontakte ein ziemliches

Geräusch hervorbrachte, mußte es in einem dritten Raum, sowohl von der Schallquelle, als auch vom Beobachter entfernt aufgestellt und mit möglichst schalldämpfenden schweren Tüchern umhängt werden. Da auch vor der Türe, welche das Beobachtungszimmer von dem Raume trennte, in welchem sich das Pendel befand, eine schwere Portiere angebracht war, so war im Beobachtungszimmer vom Geräusch des herabfallenden Pendels tatsächlich nichts mehr zu hören. Um aber dem im Beobachtungszimmer befindlichen Experimentator ein rechtzeitiges Fallenlassen des Pendels zu ermöglichen, war folgende Anordnung getroffen. Von einem der die Stimmgabel versorgenden Akkumulatoren (je nach ihrer Spannung wurden ein bis drei verwendet) gingen zwei Drähte aus, die mit den die Wand durchbohrenden metallischen Röhren der Leitung *I* und *IIa* leitend verbunden waren. Von der Röhre *IIa* ging eine Leitung zum Taster *T*, von der Röhre *I* eine solche durch den Draht *7* an den zum Festhalten des Pendels bestimmten Magneten *P.M.* Von diesem ging die Leitung durch Draht *6* wieder zum Taster *T* zurück. Wurde nun der Taster *T* niedergedrückt, so war die Leitung unterbrochen, der Magnet *P. M* ließ das Pendel fallen, und dieses schloß bei seiner Schwingung nacheinander die Kontakte C_1 und C_2.

Wie bereits aus der Beschreibung der Apparate klar geworden sein dürfte, diente bei den Versuchen das Lamellenpendel zur Variation der Darbietungszeiten, der Lamellenhebel zur Variation der Intensitäten.

Die Variation der Darbietungszeiten erfolgte in der Weise, daß die Lamelle L_2 des Lamellenpendels immer weiter hinausgeschoben wurde. Zu Beginn der Versuche war eine Eichung des Pendels in der Weise vorgenommen worden, daß eine Gabel von 476 Schwingungen ihre Schwingungen auf die berußten und unmittelbar aneinander geschobenen Lamellen schrieb. Die Lamellen wurden sodann fixiert, und wenn ich nun auf der Lamelle L_2 eine bestimmte Anzahl von Schwingungen in den Zirkel nahm und die Lamelle L_2 um eben diese Distanz von der Lamelle L_1 entfernte, hatte ich die Gewißheit, daß die Zeit, während welcher die Leitung für den Ton freigegeben war, der Zahl der in den Zirkel genommenen Schwingungen entsprach. Auf diesem Wege konnte ich bis zu einer Zeit von 0,68 Sekunden gelangen. Um längere Zeiten zu

erreichen entfernte ich die Lamelle L_1 überhaupt, so daß die Leitung während des Hin- und Zurückschwingens des Pendels geöffnet war[1]). Durch Verschieben der Lamelle L_1 konnte ich auch diese Zeiten noch variiren. Die längste mir zur Verfügung stehende Zeit erhielt ich endlich durch Aufsetzen eines schwereren Laufgewichtes auf die Pendelstange. Alle diese zuletzt erwähnten Zeiten eichte ich mit Hilfe des aus dem Leipziger Institut hervorgegangenen Kehltonschreibers[2]) in der Weise, daß ich zunächst die Borste desselben durch genaue Einstellung zur Resonanz auf die Schwingungen einer Gabel von 110 Schwingungen brachte, und die Schwingung der Borste auf ein Kymographion aufzeichnete; sodann verband ich den Luftraum des Kehltonschreibers durch einen mit einer seitlichen Öffnung versehenen Schlauch mit der einen Röhre der Spitzenleitung, während ich in einen Schlauch, der mit der anderen Röhre verbunden war, hineinbließ. Auf diese Weise wurde während der Öffnung der Leitung die Membran des Kehltonschreibers und somit die ihr aufliegenden Borste gehoben, und die Zahl dieser sich von den übrigen deutlich absetzenden Schwingungen gab mir die Zeit der Öffnung an. In derselben Weise wurde die konstante Öffnungszeit des Lamellenhebels gemessen. Diese Eichungen ergaben durchaus konstante Resultate.

Die Variation der Intensitäten erfolgte durch Einsetzen der verschiedenen Intensitätsröhren (s. S. 262 f.) in die Leitung *II* an der mit *R* bezeichneten Stelle.

Um auch am Lamellenpendel Versuche mit zwei konstanten Intensitäten ausführen zu können, setzte ich bei einer Versuchsgruppe in die Leitung I^1 zwischen S_1 und *H* ebenfalls eine Intensitätsröhre als Dämpfung ein, die natürlich während der ganzen Gruppe durch keine andere ersetzt wurde.

Mit dieser Anordnung habe ich nun drei Versuchsgruppen ausgeführt. Bei Gruppe 1 und 2 wurde als Schallquelle eine Gabel von 512, bei Gruppe 3 eine von 128 Schwingungen verwendet. Bei

---

[1]) In diesen Fällen konnte der in die Leitung *I* eingeschaltete Hahn natürlich nicht mehr selbsttätig durch den an der Pendelstange angebrachten Faden zugezogen werden, sondern der Experimentator mußte nunmehr den Hahn schließen, sobald er sah, daß die Lamelle L_2 die Leitung wieder geschlossen hatte.

[2]) Psychol. Stud. I, 1.

Gruppe 2 war in die Leitung I^1 die Intensitätsröhre 16 als Dämpfung eingesetzt. Die Zeitlage war bei allen diesen Versuchen derart, daß zuerst der Vergleichsreiz mit variabler Zeit dargeboten wurde. Das Urteil bezog sich auf den zweiten Reiz, indem der Beobachter angeben mußte, ob ihm derselbe lauter, leiser oder dem ersten gleich erscheine.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß zunächst am Lamellenpendel eine bestimmte Zeit eingestellt und nunmehr nach der Methode der Minimaländerung die Röhre gesucht wurde, welche in die Leitung *II* eingesetzt werden mußte, um beide Reize als gleich erscheinen zu lassen[1]).

Auf ein geflüstertes »jetzt« des Beobachters gab der Experimentator die beiden Reize in der Reihenfolge, daß er zuerst den Hebel des Lamellenpendels und dann, sobald der Hahn der Leitung *I* geschlossen war, den Taster geräuschlos niederdrückte[2]).

Hierauf wurde das Urteil des Beobachters notiert. Sobald der das Kontaktpendel bedienende Gehilfe durch ein Zeichen andeutete, daß er mit der Aufstellung des Pendels und der Kontakte fertig sei, mußte der Experimentator nur mehr das Schallpendel an den Anschlag heben, den Hahn der Leitung *I* öffnen und eine neue Intensitätsröhre einsetzen, um einen neuen Versuch beginnen zu können.

Die bei diesen Versuchen verwendeten Zeiten waren zunächst Vielfache von $19 \cdot \frac{1}{476} = 0{,}04$ Sekunden bis 0,68 Sekunden, sodann die Zeiten 1.68, 2.13, 2.65, 3.03 und 3.91 Sekunden.

---

[1]) Diese Methode ergab durchaus konstante Resultate. Wenn hier und da ein Wert aus der Reihe herausfiel, so dürfte dies aus einem gelegentlichen Zeitfehler am Lamellenhebel zu erklären sein, wie sich denn auch bei der Eichung desselben von 15 Resultaten 2 fanden, von denen eines eine längere, das andere eine kürzere Zeit als alle anderen untereinander übereinstimmenden Resultate ergab.

[2]) Doch durfte die Zwischenzeit zwischen den beiden Reizen nicht zu kurz gewählt werden, da sonst Summationserscheinungen auftraten, welche sich darin äußerten, daß eine Tendenz bestand, den zweiten Reiz als lauter zu bezeichnen, da er sich auf den ersten noch nicht völlig abgeklungenen aufsetzte. Wurde die Zwischenzeit jedoch zu lang gewählt, so wurde die Vergleichung dadurch sehr erschwert. Der Vorteil, die Zwischenzeit durch elektromagnetisches Loslassen des Pendels konstant zu halten, mußte des auf Seite 269 erwähnten Übelstandes halber aufgegeben werden.

Die konstante Öffnungszeit des Lamellenapparates betrug 0,36 Sekunden.

Die Stimmgabel blieb im allgemeinen während einer Versuchsreihe in ihrer Intensität durchaus konstant. Sobald aber eine Schwankung der Intensität auftrat, welche sich in den Resultaten ausdrückte, gaben alle Beobachter sofort an, daß sich ihnen die Intensität des Tones geändert zu haben scheine. In diesem Fall waren von da ab die Resultate einer solchen Versuchsreihe mit den früheren nicht mehr ohne weiteres zu vergleichen. Da aber, wie leicht begreiflich, für die einzelnen meist um einen Tag auseinander liegenden Versuchsreihen der Ton sich erst recht nicht immer auf die gleiche physikalische Intensität bringen ließ, ist es natürlich nicht zu erwarten, daß die in verschiedenen Versuchsreihen für eine bestimmte Zeit gefundenen Intensitäten vollständig miteinander übereinstimmen. Übereinstimmend ist nur der Verlauf der in den einzelnen Versuchreihen gefundenen Teile der Kurve, so daß sich eine stetige Kurve ergeben müßte, wenn man die einzelnen Versuchsergebnisse aufeinander beziehen wollte. Ich will im folgenden aber nur die tatsächlich gewonnenen Werte darstellen, aus denen ein derartiger stetiger Anstieg der Kurve bei konstanten Intensitätsverhältnissen des Prüfungstones deshalb leicht ersichtlich ist, weil zu Beginn einer jeden Versuchsreihe ein aus der vorhergehenden Reihe stammender Versuch wiederholt wurde, so daß man die für den gegebenen Punkt gefundene Differenz der Intensitäten bloß auf alle Punkte derselben Versuchsreihe zu übertragen hätte.

Bezüglich des psychologischen Aktes der Vergleichung der beiden Intensitäten ließe sich nun allerdings einwenden, daß, da doch zwei eine gewisse Zeit lang dauernde Reize miteinander verglichen werden müssen, und die Empfindungsintensität des Reizes mit der Dauer seiner Einwirkung steige, die ganze Vergleichung notwendigerweise unsicher sei, weil sie davon abhänge, in welchem Punkte ihres Anstieges man die beiden Reize gerade mit der Aufmerksamkeit fixiere. Für kurz dauernde Reize dürfte nun dieser Einwand kaum zutreffen, da ein Schwanken der Aufmerksamkeit während der Dauer ihrer Einstellung kaum stattfinden kann, und sich die Aufmerksamkeit unwillkürlich auf das Ende der Darbietungszeit richtet. Bei länger dauernden Reizen kann aber ein derartiges Schwanken der Aufmerk-

samkeit bereits vorkommen, wie mir denn auch ein Beobachter die Reize, deren Zeitdauer über 2 Sekunden betrug, als »direkt langweilig« bezeichnete. Derselbe Beobachter gab mir auch an, daß er, wenn der länger dauernde Reiz an zweiter Stelle käme, wie dies bei einer Gruppe von Versuchen der Fall war, zuweilen denselben Reiz als leiser denn der vorhergegangene angeben könne, wenn er seine Aufmerksamkeit auf den Beginn, aber als lauter, wenn er sie auf das Ende der Darbietungszeit konzentriere, und daß er, wenn er seine Aufmerksamkeit während der ganzen Dauer des Reizes angespannt halte, an das merkliche Ansteigen der Reizintensität das Bild einer aufsteigenden Linie assoziiere. Kam der länger dauernde Reiz dagegen an erster Stelle, so war diese Erscheinung des Anstieges nicht so deutlich, sondern die Aufmerksamkeit stellte sich auch hier unwillkürlich auf das Ende der Darbietung ein. Trotzdem habe ich es für nötig befunden, meine Versuchspersonen ausdrücklich anzuweisen, nur die am Ende der Darbietungszeit erreichten Intensitäten miteinander zu vergleichen.

Ich gebe im folgenden eine Übersicht der in den einzelnen Versuchsgruppen erlangten Resultate. Bei der graphischen Darstellung sind die vorher erwähnten wechselnden Intensitätsverhältnisse in Betracht zu ziehen. Wenn ein aus einer früheren Versuchsreihe stammender Versuch nicht dasselbe Resultat gab wie zuvor, kommt dies

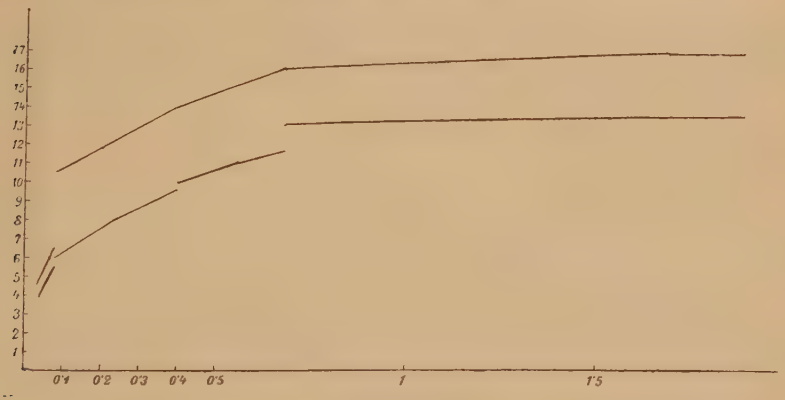

Fig. 8.

in der Kurve darin zum Ausdruck, daß sie nicht stetig verläuft, sondern einem Zeitwert zwei verschiedene Intensitätswerte zugeordnet

sind. Auch in den Tabellen sind die Versuchsreihen, bei denen der die Vermittelung bildende Wiederholungsversuch nicht beide Male denselben Wert ergab, getrennt dargestellt. Die linke Vertikalkolonne gibt stets die einzelnen Versuchsreihen, die oberste Horizontalkolonne die Zeiten in Sekunden an.

Gruppe I.

Tabelle 1[a] (dazu Fig. 8). Beobachter W.

Zeiten in Sekunden.

Versuchsreihen	0.04	0.08	0.12	0.16	0.24	0.4	0.56	0.68	1.68	2.12	beliebig lang
I	4.5[1])	6.5									
II	3.75	5.5									
III		6			8	9.5					
IV						10	11	11.5	13.5		
V								13	17	13.5	13.5
VI		10.5				14		16			

In der Rubrik III sind zwei Versuchsreihen zusammengezogen, von denen die erste die Zeiten 0.08 und 0.24, die zweite die Zeiten 0.24 und 0.4 umfaßt.

Tabelle 1[b] (Fig. 9). Beobachter B.

Zeiten in Sekunden.

Versuchsreihen	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.44	0.56	0.68	1.68	2.12	2.65	3.03	3.91	bel. lang
I	3.5	5	5.75	6.5	7	7.5	7.75	8.5	9.5	10	10.25						
II									9	9.5	9.75						
III										12	13	14	14	14	14	14	14
IV	6		7.25		8.25		9	9.5	10.25	10.75	11						

In der Rubrik I sind vier Versuchsreihen zusammengezogen, von denen die erste von 0.04 bis 0.16, die zweite von 0.16 bis 0.32, die dritte von 0.12 bis 0.44 und die vierte von 0.44 bis 0.68 reicht.

[1]) Im folgenden bedeutet eine Bezeichnung wie 3.75, daß die Röhre 4 eben noch zu laut, eine solche wie 10.25, daß die Röhre 10 eben noch zu leise war, und eine solche wie 4.5 daß die Röhre 5 um ebensoviel lauter, wie die Röhre 4 leiser erschien.

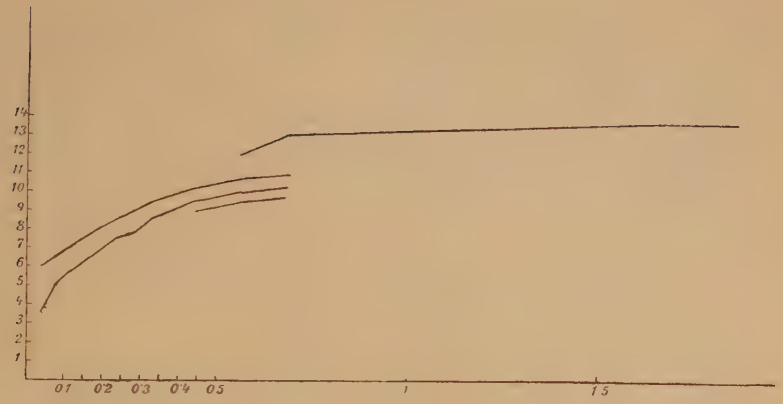

Fig. 9.

Tabelle 1^{c} (dazu Fig. 10). Beobachter K.

Zeiten in Sekunden.

Versuchs-reihen	0.04	0.08	0.12	0.16	0.2	0.24	0.28	0.4	0.44	0.56	0.68	1.68	2.12	2.65	3.03	3.91	bel. lang
I	4·5	5·75	7	8	9	9·75											
II						10	11	12	12.75	13.75	14.75						
III											15	16	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25

In der Rubrik I sind zwei Versuchsreihen zusammengezogen, von denen die erste bis 0.12 reicht, ebenso in der Rubrik II zwei Reihen, von denen die erste bis 0.28 reicht.

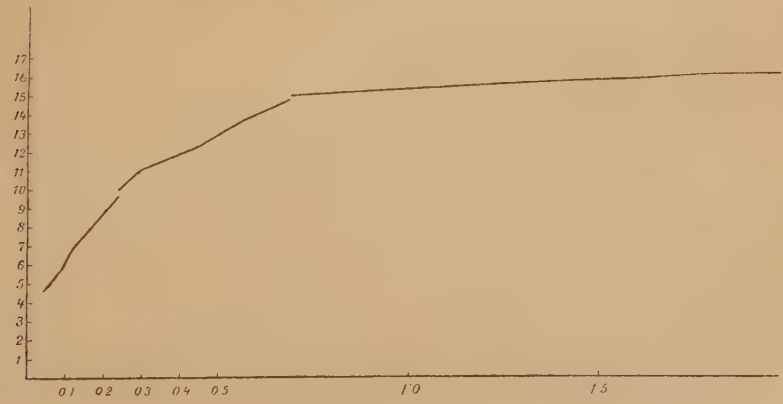

Fig. 10.

Aus den Versuchen ergibt sich unmittelbar ein anfangs rasches, dann immer langsameres Ansteigen der Intensität. Diese erreicht für die Beobachter W und B bereits bei 1.68 Sekunden, bei K erst etwas später ihr Maximum. Die Figuren, welche die Verhältnisse der Tabellen graphisch darstellen, sind nur soweit ausgeführt, bis die Intensität ihr Maximum erreicht hat.

Gruppe II.

Tabelle 2^a (dazu Fig. 11). Beobachter W.

Zeiten in Sekunden.

Versuchs-reihen	0.12	0.16	0.24	0.4	0.56	0.68	1.68	2.12	2.65	3.03	3.91
I	5.25	5.5	6.75	9							
II				8	8.75	9.25					
III					9.75	10.5	[11]	11	11	11	11

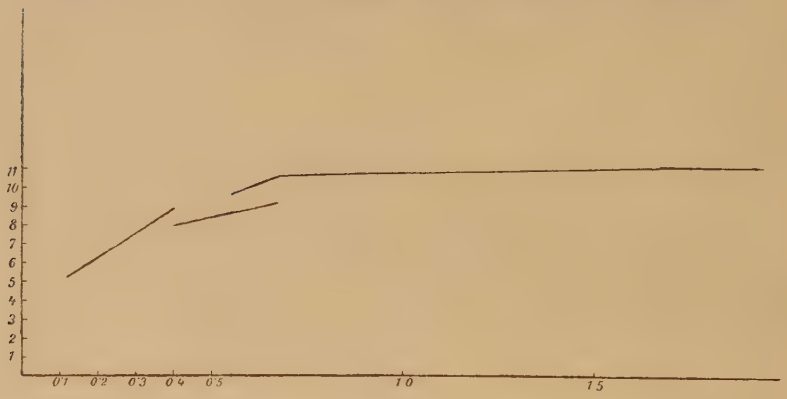

Fig. 11.

Tabelle 2^b (dazu Fig. 12). Beobachter B.

	0.04	0.08	0.12	0.16	0.2	0.24	0.28	0.32	0.36	0.44	0.56	0.68	1.68	2.12	2.65	3.03	3.91
I		5.25	5.75														
II			6	6.5	7	7.5	8										
III										7.75	8	8.25					
IV	3.5		5.25		6.25		7		7.75	8	8.25	8.75	[9.5]	9.5	9.5	9.5	9.5

In der Rubrik IV sind zwei Versuchsreihen zusammengezogen, von denen die eine von 0.44 bis 0.68 reicht.

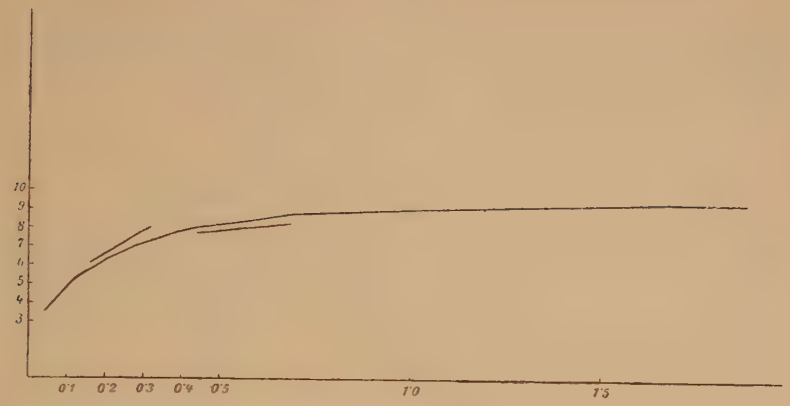

Fig. 12.

Tabelle 2^{c} (dazu Fig. 13). Beobachter K.

	0.04	0.08	0.12	0.16	0.2	0.24	0.28	0.4	0.44	0.56	0.68	1.68	2.12	2.65	3.03	3.91
I	3.75	5.25	6													
II			5.5	6.5	7.5	8.5										
III						8.75	9.25	9.75	10.25	12	13	14	14	14	14	14

In der Rubrik III sind drei Versuchsreihen zusammengezogen, von denen die erste von 0.24 bis 0.28 und die zweite von 0.28 bis 0.68 reicht.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß die Herabsetzung der konstanten Intensität, welche durch Einsetzen der Röhre *16* als

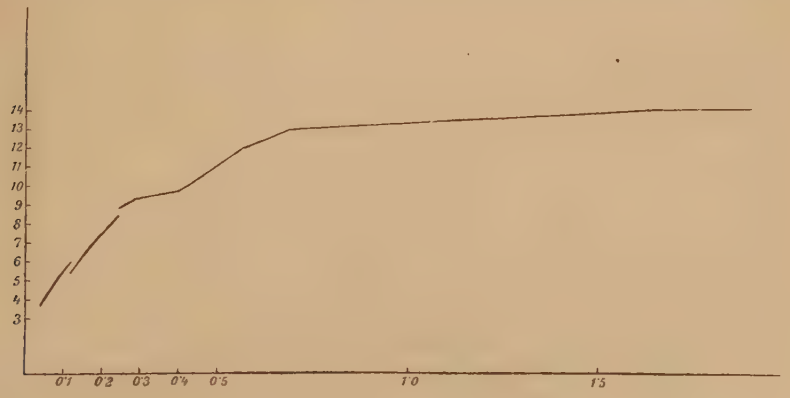

Fig. 13.

Dämpfung in der Leitung *I* bewirkt wurde, nicht genügte, um die Erreichung des Maximums merklich zu verzögern, da es sich wiederum bei 1.68 Sekunden einstellt.

Gruppe III.

Tabelle 3[a] (dazu Fig. 14). Beobachter W.

0.04	0.12	0.2	0.28	0.36	0.44	0.56	0.68	1.68	2.12	2.65	3.03	bel. lang
8	11.25	12.25	13.25	14	14.25	14.75	15	16	16.75	16.75	16.75	16.25

Die Tabelle ist aus zwei Versuchsreihen zusammengezogen, von denen die erste von 0.04 bis 0.68 reicht.

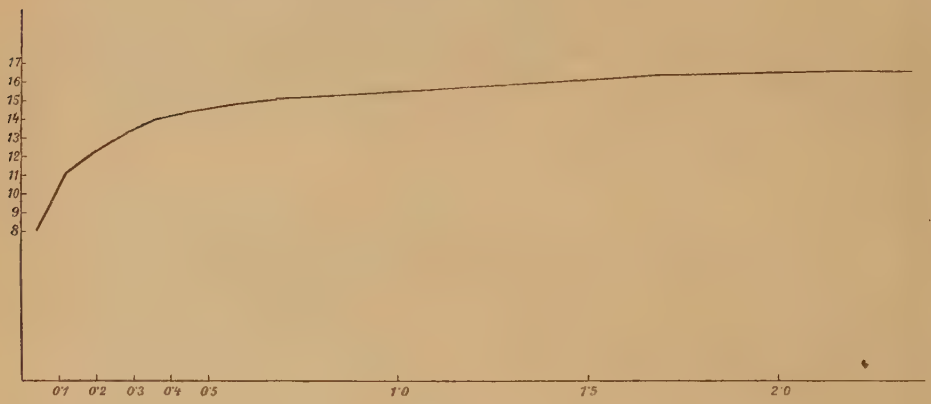

Fig. 14.

Tabelle 3[b] (dazu Fig. 15). Beobachter K.

	0.04	0.12	0.2	0.28	0.36	0.44	0.56	0.68	1.68	2.12	2.65	3.03	3.91
I	9	11.5	12.25	13	13.25	13.75	14	14.25					
II								15	16	16.25	16.25	16.25	16.25

Diese mit einem tiefen Ton angestellten Versuche geben deshalb kein eindeutiges Bild von dem Einfluß der Tonhöhe auf das Ansteigen der Erregung, weil der Ton nur eine sehr geringe Intensität besaß, und die bei dieser Gruppe bemerkbare geringe Verzögerung des Maximums vielleicht auf diese Ursache zurückzuführen ist.

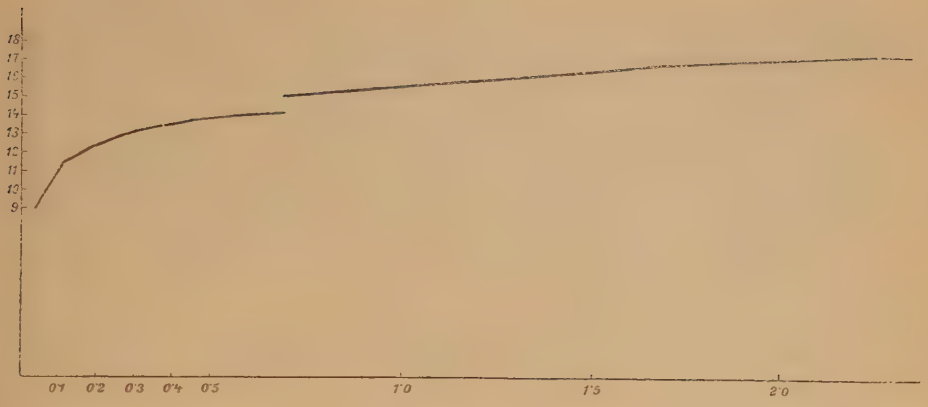

Fig. 15.

III. Versuche mit größerer Intensität.

(Hahnvorrichtung.)

Die Anordnung der akustischen und elektrischen Leitungen war im wesentlichen dieselbe, wie die auf Fig. 5 skizzierte. Die einfache Leitung *I* und die aus der Vereinigung von *IIa* und *IIb* gebildete Leitung *II* führten zu je einem Hahn. Bei *I* (Fig. 16) wurde dieser durch eine Schleudervorrichtung, bei *II* (Fig. 17) durch eine Pendelvorrichtung geöffnet und geschlossen. Diese beiden Hähne werde ich im folgenden kurz als Schleuderhahn und als Pendelhahn bezeichnen. Der bei der früheren Anordnung in die Leitung *I'* eingeschaltete Hahn entfiel natürlich. Da auch die Schleudervorrichtung des Schleuderhahnes durch zwei Elektromagneten bedient wurde, konnte die Anordnung der elektrischen Leitungen dieselbe bleiben wie bei den früheren Versuchen. Nur wurde an die Drähte *1* und *2* nicht mehr der Hochstrom des städtischen Netzes, sondern der Strom einer Akkumulatorenbatterie angeschlossen. Deshalb entfiel auch das Schaltbrett mit Ausschalter und Glühlampen, und der Draht *5* einerseits, die Drähte *3'* und *4'* andrerseits wurden direkt von der Wippe abgezweigt. Auch insofern ergab sich eine Veränderung der Versuchsanordnung, als statt der Schließungkontakte nunmehr Öffnungskontakte angewendet werden mußten, wie sich bei der Besprechung des Schleuderhahnes ergeben wird.

Der Schleuderhahn, dessen Einrichtung auf Fig. 16 im Quer-

schnitt dargestellt ist, bestand aus einem mit einer schlitzförmigen Bohrung B versehenen Metallzylinder K, der in eine ebensolche durch einen Kasten gehende Bohrung B' um seine Längsachse drehbar eingefügt war, so daß je nach der Stellung der Bohrung B, die durch die Bohrung B' gebildete Leitung geöffnet und geschlossen werden konnte. Trotzdem diese Schlitze nur genau 0.5 mm breit waren, ließen sie die Töne in sehr wenig geschwächter Intensität

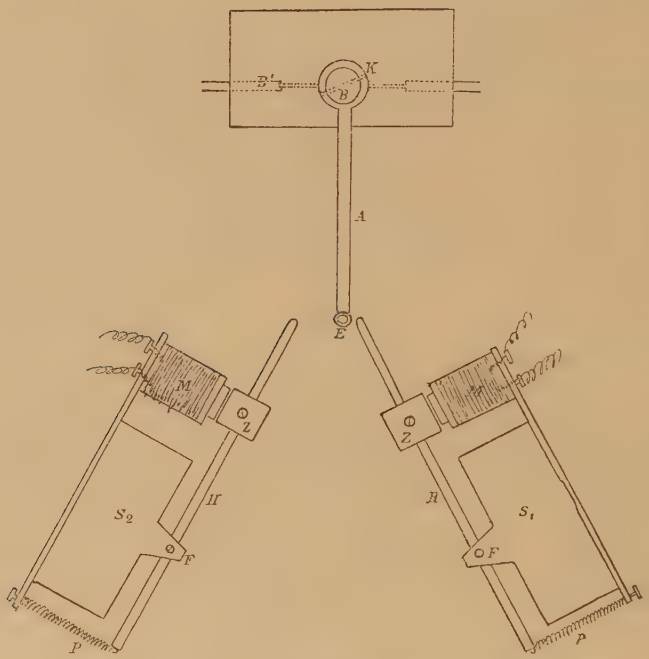

Fig. 16.

durchtreten, was als allgemeiner Vorteil des Hahnprinzips zu gelten hat (vgl. S. 266). Der die Bohrung B tragende Metallzylinder K besaß einen so großen Durchmesser, daß bereits bei einer kleinen Drehung die Bohrung B eine relativ große Verschiebung erfuhr. Dieser Zylinder trug ferner einen längeren seitlichen Fortsatz A, an dessen äußerstem Ende E ein Metallstäbchen senkrecht zu A eingefügt war. An dieses Metallstäbchen traten nun die Hebelarme der eigentlichen Schleuderapparate S_1 und S_2 heran. Diese bestanden im wesentlichen aus je einem zweiarmigen im Punkte F fixierten

Hebel H. Auf diesen Hebel wirkte an seinem freien äußeren Ende eine Feder P, an der dem Metallstäbchen zugewendeten Seite aber trug der Hebel ein Eisenklötzchen Z, das gerade gegenüber dem Magneten M eingestellt war. Zog der Magnet an, so vermochte er den Klotz Z trotz des Zuges der Feder festzuhalten; wurde aber der den Magneten durchfließende Strom geöffnet, so schnellte der den Klotz tragende Hebelarm infolge der Federspannung von dem Magneten fort. Um einen Zusammenstoß der beiden Hebelarme bei ihrem Losschnellen zu vermeiden, griff der Hebelarm des Apparates S_1 höher an dem durch E gehenden Metallstäbchen an, als der Hebel des Apparates S_2. Nur auf dem Schema liegen also S_1 und S_2 in einer Ebene. Die Versuchsanordnung war nun folgendermaßen getroffen, daß zu Beginn des Versuches der Strom beider Magnete geschlossen war, und die Hebelarme H die auf der Figur dargestellte Stellung einnahmen; der seitliche Fortsatz A war so gestellt, daß der Hahn die Leitung B' verschloß und das durch E gehende Stäbchen sich an den Hebelarm des Apparates S_1 anlehnte[1]). Wurde nun der Strom des zu S_1 gehörigen Magneten geöffnet, so schnellte der Hebel H in der angegebenen Weise ab und schleuderte das durch E gehende Stäbchen, das er eben nur tangential streifte, nach links, so daß nunmehr die Bohrung B so gedreht wurde, daß sie den durch die Leitung B' dringenden Ton durchließ. Die Kraft des abschnellenden Hebels schleuderte das Metallstäbchen jedoch nur soweit hinüber, daß es nunmehr dem Hebel des Apparates S_2 anlag. Wurde nun auch hier der Strom des Magneten geöffnet, so schleuderte der abschnellende Hebel den Hahn wieder in seine ursprüngliche Stellung zurück, so daß die Leitung nunmehr wieder unterbrochen war. Der Hebel des Apparates S_1 mußte durch die Feder natürlich soweit zurückgezogen werden, daß er die Rückbewegung des Metallstäbchens nicht hinderte. Wie ich bereits früher erwähnt habe, war es nicht möglich, das Losschnellen des Hebelarmes und ihr Angreifen an dem Metallstäbchen, trotz sorgfältiger Umhüllung mit Kautschuk vollständig

[1]) Die anfangs gehegte Befürchtung, daß der Ton sich trotzdem von der Seite her durch die Bohrung B fortpflanzen könnte, erwies sich als unbegründet. Es war daher nicht nötig, die Bohrung B' mit einer Mündung nach außen zu versehen, wie es anfangs beabsichtigt gewesen war.

geräuschlos zu machen. Das dabei auftretende leise Geräusch vermochte aber bei den verwendeten Intensitäten die Vergleichung der beiden Töne nicht zu beeinflussen. Die Zeit zwischen dem Loslassen der Magnete wurde wie bei den früheren Versuchen durch das Kontaktpendel reguliert, das nacheinander zwei geschlossene Kontakte öffnete, welche die beiden Magneten mit Strom versorgten. Das Loslassen des Pendels erfolgte ebenso wie vorher mittels des Tasters *T*.

Als Pendelhahn (Fig. 17) wurde der bei den früheren Versuchen in die Leitung *I'* eingeschaltete Hahn verwendet. Nur war an dem die Bohrung *B* tragenden Metallzylinder nicht mehr der seitliche Fortsatz befestigt, an dem der mit der Pendelstange des Lamellenpendels in Verbindung stehende Faden angegriffen hatte, sondern statt desselben war eine um dieselbe Achse wie der Hahn drehbare dünne Metallstange *P* angebracht, durch deren Drehung nunmehr der Verschluß und die Öffnung des Hahnes bewerkstelligt wurde. Diese Metallstange trug an ihrem unteren Ende ein Eisenklötzchen *Z*, das in der durch die Figur dargestellten Weise von einem Magneten *M* festgehalten werden konnte. An dem jenseits des Fixationspunktes liegenden Ende der Stange war ein zur Regulierung der Schwingungszeit dienendes Laufgewicht angebracht. Der Versuch gestaltete sich daher so, daß die Pendelstange zunächst mittels des Klötzchens an den Magneten angehängt wurde. Dem Magneten wurde der Strom auf dieselbe Weise zugeleitet wie dem Magneten des Kontaktpendels. In dieser Stellung war die Bohrung *B'* durch den Hahn vollständig verschlossen. Nunmehr wurde durch den Taster *T* der Stromkreis des Magneten unterbrochen, das Pendel schwang durch und drehte somit die Bohrung *B* durch ihre Öffnungsstellung hindurch. Um auf diesen Drehungswinkel der offenen

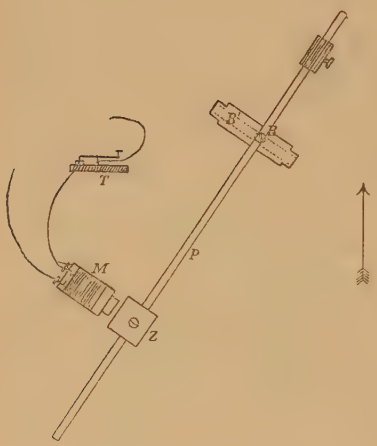

Fig. 17.

Stellung einen möglichst großen Teil der gesamten Schwingungszeit fallen zu lassen, war die Richtung des festen Teiles der Hahnleitung so eingestellt, daß die jenseitige Umkehrung der Pendelschwingung bei eben noch völlig geöffnetem Hahne stattfand. War das Pendel zurückgeschwungen und hatte die Leitung abgeschlossen, so mußte es mit der Hand aufgefangen und wieder an den Magneten angehängt werden.

Die Variation der Darbietungszeiten erfolgte diesmal am Kontaktpendel dadurch, daß der zweite Öffnungskontakt immer weiter vom ersten entfernt wurde. Da aber die auf diese Weise erreichbaren Zeiten zu kurz gewesen wären, mußte eine Anordnung getroffen werden, um den zweiten Kontakt erst durch das Zurückschwingen des Pendels öffnen zu lassen. Zu diesem Behuf mußte vor allem der zweite Kontakt tiefer gestellt werden als der erste, damit er von dem Pendel nicht schon bei seinem Hingange erfaßt werde; sodann aber mußte dafür Sorge getragen werden, daß nunmehr beim Zurückschwingen das Pendel den zweiten Kontakt doch wieder erfassen könne. Es wurde daher am unteren Ende der Pendelstange der in Fig. 18 dargestellte Apparat angebracht. Derselbe bestand im wesentlichen aus einem mit einem seitlichen Vorsprung V versehenen Rahmen R, der längs seiner Unterlage verschiebbar war und durch eine Feder F_1 nach abwärts gezogen wurde. Nach unten setzte sich der Rahmen in ein Stäbchen fort, das eine zur Aufnahme eines zweiten zweimal rechtwinklig gebogenen Stäbchens N bestimmte Scheibe S trug. Der Spielraum, innerhalb dessen sich der Rahmen auf seiner Unterlage verschieben konnte, war durch zwei Anschlagstifte begrenzt. Mittels seines seitlichen Vorsprungs V konnte der Rahmen an einem durch die Feder F_2 nach seitwärts gebogenen Eisenplättchen P aufgehängt werden. Wenn aber das Plättchen P von dem gegenüberliegenden Magneten M angezogen wurde, verlor der Rahmen R seine Unterstützung und wurde von der Feder F_1 nach abwärts gezogen, so daß sich der Rahmen mit dem an ihm befestigten Stäbchen um die der Distanz

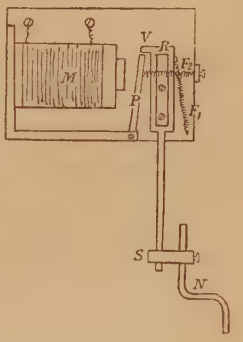

Fig. 18.

zwischen Aufhängepunkt und Anschlagstift entsprechende Höhe senkte. Wenn somit die Nase *N* den zweiten Öffnungskontakt noch nicht erreichte, solange der Rahmen *R* an dem Plättchen *P* aufgehängt war, die Senkung des Rahmens *R* aber, welche erfolgte, sobald der Magnet das Blättchen anzog, genügte, um die Nase in die Höhe des zweiten Kontaktes zu bringen, handelte es sich nur mehr darum, die Schließung des Magneten im geeigneten Moment zu bewerkstelligen. Zu diesem Zwecke wurde von der Pohlschen Wippe ein Draht abgezweigt, welcher längs der Pendelstange verlaufend, ohne deren Bewegung zu hindern, zu einer Klemme der Magneten *M* führte; die andere Klemme war durch einen zweiten Draht mit der Pendelstange leitend verbunden; ferner wurde ein ganz feiner Neusilberdraht, der mittels eines gewöhnlichen Leitungsdrahtes zur Wippe zurückführte, so am Stativ des Kontaktpendels befestigt, daß die Stange des Pendels knapp vor der Umkehrung ganz leicht an ihm vorbeistreifte, so zwar, daß die Geschwindigkeit des Pendels nicht verzögert wurde, der geschilderte Stromkreis aber nunmehr doch geschlossen wurde. In diesem Augenblick zog der Magnet das Plättchen an, der Rahmen senkte sich, und die Nase *N* vermochte beim Zurückschwingen den zweiten Kontakt zu öffnen. Auf diese Weise gelang es natürlich, bedeutend längere Öffnungszeiten für den Schleuderhahn zu erzielen.

Auch bei diesen Versuchen eichte ich die von mir verwendeten Zeiten an beiden Hähnen mit Hilfe des Kehltonschreibers in der auf Seite 273 angegebenen Weise, nur daß ich der größeren Genauigkeit halber die niedrigen Zeiten mit einer Gabel von 256 Schwingungen eichte, auf welche die Borste nicht zur Resonanz zu bringen war. Ich mußte daher sowohl die Schwingungen der Gabel als auch die durch die Abhebung der Borste über die Abszisse gegebene Kurve aufzeichnen und die Zahl der Schwingungen zählen, welche auf die Zeit der Öffnung der Leitung entfielen, während welcher sich die Borste gehoben hatte. Beim Pendelhahn verstrichen wegen der Breite der Bohrung und der langsamen Bewegung ungefähr 0.06 Sekunden, bevor sich der Hahn vollständig geöffnet hatte, während der Abschluß beim Zurückschwingen während einer noch etwas längeren Zeit erfolgte. Bei der ausschließlichen Verwendung dieses Hahnes zur konstanten Zeit kam dies jedoch nicht in Betracht. Beim

Schleuderhahn betrug die Zeit der unvollständigen Öffnung wegen der feinen Bohrung und schnellen Bewegung überhaupt nur wenige Tausendstel Sekunden.

Die bei diesen Versuchen verwendeten Zeiten betrugen für den Pendelhahn 0.9 Sekunden, für den Schleuderhahn 0.12, 0.16, 0.21, 0.26, 0.52, 1.13 und 1.41 Sekunden. Mit dieser Anordnung habe ich nun zwei Versuchsgruppen ausgeführt, bei denen ich mir vor allem über den Einfluß der Zeitlage auf die Resultate Rechenschaft zu geben versuchte. Eine derartige Untersuchung war bei der Anordnung mit Spitzenleitung deshalb auf Schwierigkeiten gestoßen, weil daselbst neben dem Einfluß der Zeitlage noch der konstante Ton in Berücksichtigung gezogen werden mußte, auf den sich bei der umgekehrten Zeitlage auch der Reiz von konstanter Intensität aufsetzte. Die bei derartigen Versuchen erhaltenen Resultate beruhen daher auf einem so komplexen psychologischen Tatbestand, daß ich von ihrer Verwertung vorläufig Abstand nehmen mußte. Bei der zuletzt beschriebenen Anordnung aber konnte der Einfluß der Zeitlage tatsächlich ohne alle weitere Nebeneinflüsse untersucht werden. In beiden Versuchsgruppen wurde als Schallquelle die Gabel von 512 Schwingungen verwendet. Bei Gruppe I erhielt der Beobachter den Reiz mit konstanter Intensität und variabler Dauer zuerst, und es wurde hierauf wieder nach der Methode der Minimaländerung die Röhre gesucht, welche in die zweite Röhre eingesetzt werden mußte, um die gleiche Empfindung zu erzeugen. Bei Gruppe II wurde dem Beobachter umgekehrt zuerst der durch eine bestimmte Röhre in seiner Intensität modifizierte Ton zugeleitet, und diese Intensität wurde dann wiederum nach derselben Methode abgestuft, bis der Beobachter die durch beide Leitungen dringenden Töne als gleich bezeichnete. Alle näheren Bestimmungen der Versuchstechnik blieben dieselben wie zuvor. Eine ungefähre Vergleichung der vorherigen mit der nunmehr verwendeten Intensität wurde in der Weise durchgeführt, daß in die durch den Schleuderhahn gehende Leitung noch die am Lamellenpendel befestigte Spitzenleitung eingesetzt und die Röhre gesucht wurde, welche in die Leitung des Pendelhahns eingesetzt werden mußte, damit der durch dasselbe zugeleitete Ton von konstanter Dauer dem anderen Ton bei beliebig langer Darbietungszeit gleich sei. Dabei ergab

sich die Röhre *I* als notwendig, während die Röhre *II* zur Herstellung der Gleichheit erforderlich war, wenn der Ton ohne durch die Spitzenleitung des Lamellenpendels gedämpft zu sein, direkt durch den Schleuderhahn dem Beobachter zugeführt wurde.

Ich gebe im folgenden die Übersicht der in beiden Gruppen erlangten Resultate.

Gruppe I.

Tabelle 1[a] (Fig. 19). Beobachter W.

	0.16	0.21	0.26	0.52	1.13	1.41	beliebig lang
I						11	11
II					11.5	11.5	
III	unter		6.75	9.5	12		
IV	1	3.5	6.25				

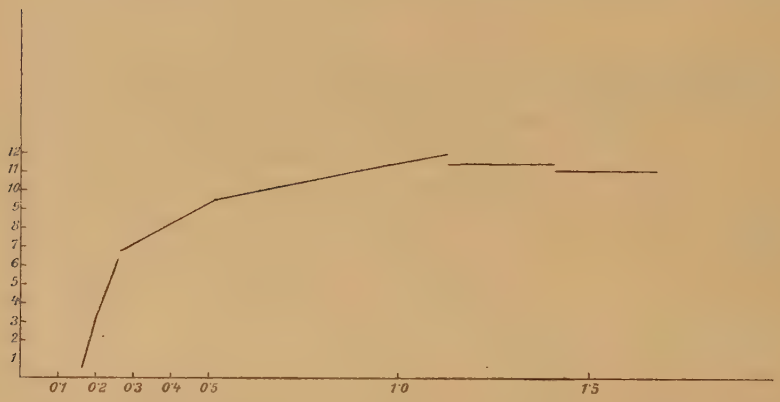

Fig. 19.

Tabelle 1[b] (Fig. 20.) Beobachter K.

	0.12	0.16	0.21	0.26	0.52	1.13	1.41	beliebig lang
I					11	13	13	13
II	unter	3.5	6.5	8	11.5			
III	1	3	5.5	6.5				

Aus diesen Versuchen ergibt sich somit, daß der Ton bei dieser stärkeren Intensität bereits viel früher sein Maximum erreicht und innerhalb der kürzesten Zeiten einen bedeutend rascheren Anstieg zeigt.

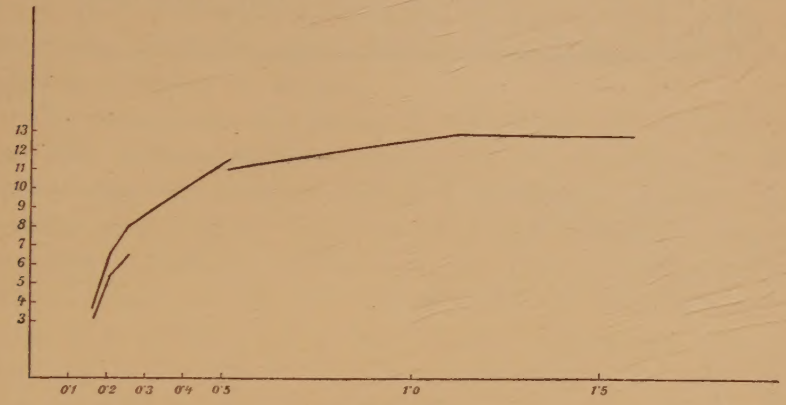

Fig. 20.

Gruppe II.

Tabelle 2ª (Fig. 21). Beobachter W.

	0.16	0.21	0.26	0.52	1.13	1.41	beliebig lang
I					15	15	15
II		7	11	13	15		
III	2.25	6.25	10.25				

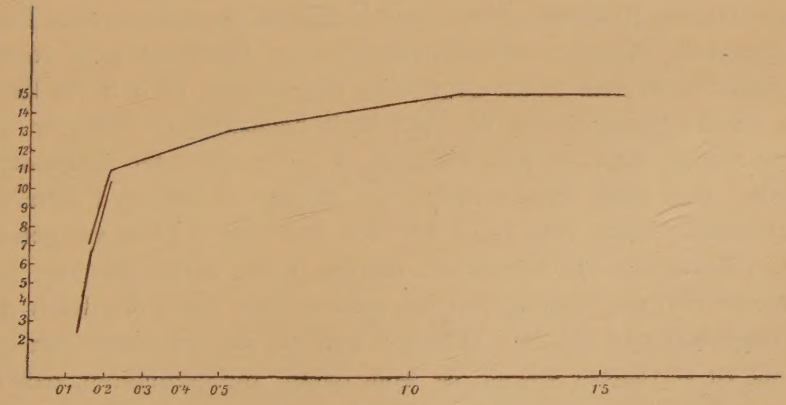

Fig. 21.

Tabelle 2^b (Fig. 22). Beobachter K.

	0.12	0.16	0.21	0.26	0.52	1.13	1.41	beliebig lang
I	unter		7.5	10	13	15.75	15.75	15.75
II	1	4	7	8.5				

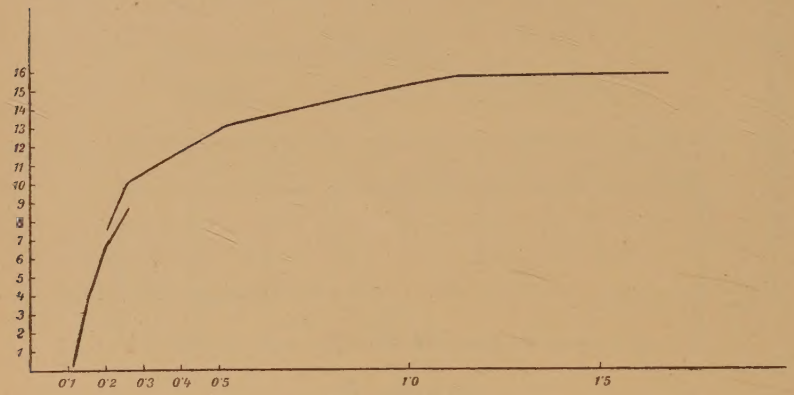

Fig. 22.

Aus dem Vergleich dieser Tabellen mit den voranstehenden ergibt sich, daß der Einfluß der Zeitlage dahin gewirkt hat, die zur Herstellung der Gleichheit erforderliche Intensität des Hauptreizes um eine für längere Zeiten annähernd konstante Differenz zu vergrößern, wenn er an erster Stelle kam. Diese Tatsache dürfte wohl daraus zu erklären sein, daß bei der durch die Versuche geforderten konzentrierten Aufmerksamkeit beim Vergleich die dem zweiten Reiz zukommende Klarheit und Deutlichkeit den Eindruck auch seiner Intensität nach dem ersten gegenüber begünstigte, so daß ein Reiz, der bereits genügte, um die Gleichheit herzustellen, wenn er an zweiter Stelle kam, zu leise erschien, wenn er als erster dargeboten wurde. Um daher diesen durch die Zeitlage bedingten Fehler zu eliminieren, müßte man wohl aus den bei beiden Zeitlagen gefundenen Resultaten die Mittelwerte suchen, doch würde dies das allgemeine Bild des Anstiegsverlaufs nicht ändern. Daß die durch die Zeitlage bedingte absolute Differenz sich bei der kürzesten Zeit ein wenig zu verringern scheint, ist wohl darauf zurückzuführen, daß in diesem Fall die schwache Empfindungsintensität vom psychologischen

Prinzip der Abschwächung in der Erinnerung relativ stärker betroffen wird.

Wie ich bereits anfangs erwähnte, mußte sich die vorliegende Untersuchung darauf beschränken, die allgemeinsten Verhältnisse des Anstiegsverlaufes zu bestimmen. Als solche allgemeinste Verhältnisse glaube ich aus den angeführten Ergebnissen folgende feststellen zu können.

Die akustische Erregung bedarf einer meßbaren Zeit, um ihre volle subjektive Intensität zu erreichen und zwar beträgt diese bei geringen objektiven Intensitäten ungefähr 1.5 Sekunden; mit wachsender Intensität (und anscheinend auch mit wachsender Tonhöhe), nimmt die zur Erreichung des Maximums erforderliche Zeit immer mehr ab. Der Anstieg erfolgt zuerst sehr rasch, dann immer langsamer. Eine Ermüdung ist bei den von mir verwendeten Zeiten (bis ca. 5 Sek.), und Intensitäten nicht zu konstatieren.

Es ist mir schließlich eine angenehme Pflicht, Herrn Geheimrat Wundt für seine Anteilnahme an dieser Arbeit meinen ergebenen Dank auszusprechen. Insbesondere aber sage ich Herrn Professor Wirth, der mich nicht nur bei der Ausarbeitung der Methodik, sondern auch bei der Ausführung der Versuche mit Rat und Tat unterstützt hat, meinen aufrichtigsten Dank. Auch Herrn Professor Bazala, der sich mir als trefflicher Beobachter zur Verfügung stellte, Herrn Dr. Klemm und allen anderen Herren, die mir bei der Ausführung meiner Versuche als Mitarbeiter zur Seite gestanden haben, danke ich an dieser Stelle herzlichst.

Lebenslauf.

Ich bin am 23. Juli 1883 geboren, nach Wien zuständig und röm.-katholischer Konfession. In den Jahren 1893—1901 besuchte ich das k. k. Schotten-Gymnasium in Wien, leistete im Jahre 1901/2 meiner Militärdienstpflicht Genüge und ließ mich im W.-S. 1902/3 an der juristischen Fakultät der Universität Wien immatrikulieren. Dort beschäftigte ich mich bereits damals vornehmlich mit philosophischen Studien und trat dann auch im W.-S. 1903/4 zur philosophischen Fakultät über. Das S.-S. 1904 verbrachte ich an der Universität Göttingen, die folgenden drei Semester vom W.-S. 1904/5 bis zum W.-S. 1905/6 an der Universität Leipzig.

Während meiner Studienzeit besuchte ich besonders die Vorlesungen und Übungen folgender Herren: in Wien: F. Exner, Hatschek, Jodl, Kreibig, Müllner; in Göttingen: Husserl, G. E. Müller, Rhumbler, Riecke, Verworn; in Leipzig: Chun, Hering, zur Strassen, Wiener, Wirth, Wolterreck, Wundt.

Allen diesen Herren, vornehmlich meinem verehrten Lehrer Herrn Geheimrat Wundt spreche ich an dieser Stelle meinen aufrichtigen und ergebenen Dank aus.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.